

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

PCT/ SE 03 / 0 1 8 1 3

**Intyg
Certificate**

REC'D 15 DEC 2003

WIPO

PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Tobii Technology AB, Stockholm SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0203457-7
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-11-21
Date of filing

Stockholm, 2003-12-04

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office


Gunilla Larsson

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN**

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

21. NOV. 2002 17:30

BERGENSTRAHLE & LINDVALL
BERGENSTRAHLE

NR. 079 S. 2/21

Int. t. Patent- och reg.verket

2002 -11- 2 1

Huvudfaxen Kasse

SEL 49818

doc: flerdiod.doc

Sökande: Tobii Technology AB, Org.nr: 556613-9654, Drottning

Kristinas väg 47, 114 28 STOCKHOLM, tel. 08-790 61 47

Uppfinnare: Meddelas senare

FÖRFARANDE OCH ANLÄGGNING FÖR ATT DETEKTERA OCH FÖLJA ETT ÖGA
SAMT DESS BLICKVINKEL

BEST AVAILABLE COPY

556613-9654

TEKNISKT OMRÅDE

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande och en anläggning för att detektera och följa ögon och blickvinklar. Ett sådant system kan exempelvis användas för att se var på bildskärmen en datoranvändare tittar.

5 BAKGRUND

Övervakning eller följning av ögonrörelser och blickpunkter kan användas i olika sammanhang förutom att bestämma den punkt på en bildskärm, på vilken en datoranvändare tittar, och därmed exempelvis styra en markör. Sömnforskare kan exempelvis använda ögonrörelser som en indikation av olika sömnnivåer. Personer med begränsad muskelverksamhet kan använda ögonstyrning för att kommunicera med andra eller för att styra olika anordningar. Militära tillämpningar för att med hjälp av ögonrörelser inrikta vapen eller för farkoststyrning har också utvecklats. Vidare används system för att följa ögonrörelser vid vissa videospelstillämpningar.

System för bestämning av ögonrörelser kan innefatta speciellt utformade glasögon som avkänner muskelverksamhet vid ögonen. I andra system för bestämning av ögonrörelser kan reflexer från infraröda ljuskällor användas. Bilder av ögat upptas med hjälp av en videokamera och ljuskällornas reflexer bestäms i bilderna. I sådana system är det förut känt att detektera två typer av reflektioner från ögon för att bestämma ögats läge. Den första typen orsakas av ljus, som passerar genom ögats pupill och reflekteras av näthinnan. Den andra typen bildas av ljus, som reflekteras av hornhinnans yta. Genom att detektera reflektionerna för olika ljuskällor kan ögats riktning och avstånd från videokameran bestämmas.

I U.S. patentskrift 5,861,940 visas ett system för detektion av ögon och för att följa blickvinklar. Systemet innefattar ljuskällor i form av en IR-laser 2 som försedd med lämplig optik utsänder ett konvergent strålnippe med fokus framför ögat och två IR-lasrar eller -dioder 9, 10 som växelvis utsänder divergenta strålnippen. Genom att detektera reflektionen från näthinnan med hjälp av en positionskänslig detektor erhålls information om ögats läge. Genom att detektera reflektionerna från hornhinnan för flera ljuskällor bestäms ögats avstånd från videokameran. De senare två IR-lasrarna är placerade vid underkanten av en datorbildskärm 1. Andra system visas i U.S. patentskrifter 6,079,829 och 6,246,779.

30 Det kan vid automatiska system som utnyttjar en videokamera vara svårt att bestämma var någonstans i en upptagen bild reflexer av ljuskällor i en användares ögon befinner sig. Detta beror bl a på att användaren kan röra huvudet, förflytta det i sidled och närmare eller på större avstånd från kameran. Det automatiska systemet kan innehålla komplexa bildbehandlings- och bildigenkänningsrutiner för att bestämma de områden, där ögon finns. Det finns därför behov av

2002 -11- 2 1

2

Huvudföreläsningen

metoder för underlättande av sådan bestämning av områden i en upptagen bild, i vilka reflexer och ögon finns. Vid bestämning av blickpunkten på en yta såsom en bildskärm måste vidare alltid avståndet mellan användarens ögon och bildskärmen bestämmas och alltså erfordras effektiva metoder för en sådan bestämning.

5 REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

Det är ett syfte med uppfinningen att anvisa ett effektivt förfarande och en effektiv anläggning för att detektera och följa ögon och blickvinklar.

Vid ett förfarande och i en anläggning för att detektera ögon och blickvinklar används en fotosensor såsom en CCD-enhet med lämplig optik eller en videokamera, en eller flera ljuskällor och en beräknings- och styrenhet. För att kunna bestämma var, på exempelvis en bildskärm, en person tittar måste positionen för personens ögon både i djupled och i sidled sett från bildskärmen samt den riktning i vilket ögat tittar vara kända. För att bestämma ett ögas position, dvs dess läge relativt fotosensor eller en bildskärm, belyses ögat med två eller fler ljuskällor anordnade på avstånd från varandra. Bilderna på fotosensorn av reflektionerna av dessa ljuskällor i personens hornhinna kommer då att bero av var i fotosensorns synfält personen befinner sig. Fotosensorns bild av reflektionerna ger all den information som krävs för att exakt bestämma var personen befinner sig i fotosensorns synfält. Genom att utvärdera hela det mönster som bildas från flera ljuskällors reflektioner, dvs läget för reflektionerna i förhållande till varandra och i hela bilden, kan god precision och tillförlitlighet i bestämningen av var ögonen befinner sig erhållas. I ett enkelt fall bestäms endast mönstrets storlek och dess plats i den upptagna bilden.

Vid förfarandet används sålunda en fotosensor för att skapa en tvådimensionell bild av verkligheten samt allmänt en eller flera ljuskällor. Ljuskällan/ljuskällorna lyser upp eventuella ögon inom fotosensorns synfält, så att diffust reflekterande ytor blir tydligare för fotosensorn och så att ljuset från ljuskällan/ljuskällorna i hornhinnor ger upphov till reflexer, vilka av fotosensorn uppfattas som diskreta ljuspunkter.

Den tvådimensionella bild som skapas av fotosensorn analyseras med hjälp av komplex bildbehandling för att bestämma var i bilden eventuella ögon, samt ljusreflektioner, befinner sig. Denna information används sedan för att bestämma var det finns ögon och/eller i vilken riktning dessa tittar, vilket i sin tur kan användas för att exempelvis bestämma var på en bildskärm en datoranvändare tittar.

I den tvådimensionella bilden söks efter pupill och/eller iris. Bilden av pupillen kan göras tydligare genom belysning från en eller flera ljuskällor. Ljuskällan/ljuskällorna kan placeras mycket nära eller på den optik, som fokuserar den tvådimensionella bilden på fotosensorn.

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

3

Huvudfaxen Kassen

Ljuskällans/ljuskällornas spridningsfält motsvarar då fotosensorns synfält, och för ett öga som befinner sig inom fotosensorns synfält kommer den punkt på näthinnan som belyses av ljuskällan/ljuskällorna att vara samma eller åtminstone delvis samma punkt, som avbildas på fotosensorn. Detta gör att pupillen förefaller ljusare än sin omgivning. Fenomenet är detsamma 5 som ger upphov till att ögon vid fotografering kan framträda med röd färg.

För att uppnå så kraftig rödögseffekt som möjligt placeras ljuskällan/ljuskällorna så nära fotosensorns synaxel som möjligt utan att störa sensorns synfält. Den del av näthinnan hos ett öga, som fotosensorn ser, sammanfaller då till stor del med den del av näthinnan, som lyses upp av ljuskällan/ljuskällorna. Förutsatt att ljuskällan/ljuskällorna måste placeras framför den optik 10 som fokuserar bilden på fotosensorn, är en ljuskälla utformad med ett centralt hål, av samma form som fotosensorn, ett bra sätt att komma nära fotosensorns synaxel utan att skymma dess synfält. Ju längre ifrån optiken ljuskällan placeras, desto större måste hålet vara för att inte störa fotosensorns synfält. Därför är det önskvärt att kunna placera ljuskällan så nära optiken som möjligt i det fall då rödögseffekt eftersträvas. Att använda rödögseffekt för bestämning av ögons 15 riktning, samtidigt som ögons position bestäms genom att låta flera ljuskällor reflekteras i hornhinna kan orsaka problem. De många ljusreflektionerna riskerar att bli svårupptäckta i bilden av den upplysta pupillen. Samtidigt lyser de omkringliggande ljuskällorna för positionsbestämning upp ansikten förutom pupiller, vilket minskar rödögseffekten. För att undvika dessa problem kan de båda ljussättningarna, en för riktningbestämning och en för 20 positionsbestämning, alterneras så att endast en uppsättning är aktiv under varje bild som tas. Detta medför att riktning och position inte kan bestämmas ur samma bild, men å andra sidan ökar det robustheten hos systemet.

Om ljuskällan/ljuskällorna i stället placeras ett stycke ifrån fotosensorns optiska axel, erhålls en mörk pupill, medan det omgivande ansiktet blir ljusare ju starkare 25 ljuskällan/ljuskällorna strålar. Denna ljussättning är att föredra då iris skall hittas, och den har även den fördelen, att kontrasten mellan pupill och iris inte försämras av ströljus från omgivningen, såsom är fallet med ett system baserat på rödögseffekt.

För att inte störa den person som belyses av ljuskällan/ljuskällorna, kan ljuskällan/ljuskällorna väljas att utsända ljus våglängder, som ej är synliga för människoöga, 30 men som kan detekteras av fotosensorn. Exempelvis kan ljus i NIR-området (NIR = Near InfraRed) användas, dvs ljus med något längre våglängd än vad ett människoöga kan uppfatta. Sådant ljus kan detekteras av de flesta fotosensorer utformade att detektera synligt ljus.

Den använda fotosensorn kan med fördel vara av högupplösande typ. Detta medför, att en större mängd data erhålls, när hela fotosensorn exponeras. För att minska resursåtgången vid

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

4

bearbetning av data kan endast data från ett givet område av intresse (OAI) behandlas. För att minska belastningen på kommunikationslänken mellan fotosensorn och beräkningsenheten kan sålunda beräkningsenheten välja att endast be fotosensorn om de data, som kommer från det aktuella OAI:et. På så vis kan såväl beräknings- som kommunikationsresurser frigöras för andra ändamål. För att kunna välja ett passande OAI för en exponering av fotosensorn används lämpligtvis information om var ögon har befunnit sig i de närmast föregående bilderna.

FIGURBESKRIVNING

Uppfinningen skall nu beskrivas som ett ej begränsande utföringsexempel med hänvisning till de bifogade ritningarna, i vilka:

- 10 - Fig. 1 är en schematisk bild framifrån av ett exempel på en anläggning för att detektera och följa ögon samt blickvinklar,
 - Fig. 2 är en schematisk bild över hur i en tvådimensionell, medelst en fotosensor upptagen bild avståndet mellan två ljuskällor reflekterade i en hornhinna beror av hornhinnans avstånd till fotosensorn,
- 15 - Fig. 3a och 3b är schematiska bilder framifrån av ett exempel på en utformning av en, med fotosensors synfält, koaxiell belysning för att uppnå rödögseffekt med olika dioder tända och släckta,
 - Fig. 4a är en bild av ett öga upptagen med hjälp av en fotosensor och belyst för att kunna bestämma ögats blickvinkel samt var det befinner sig i fotosensors tvådimensionella koordinatsystem,
- 20 - Fig. 4b är bild erhållen genom kantanalys av bilden i fig. 4a,
 - Fig. 5a är en bild av ett öga liknande fig. 4a men belyst för att kunna bestämma ögats avstånd till fotosensorn,
 - Fig. 5b är bild erhållen genom kantanalys av bilden i fig. 5a, och
- 25 - Fig. 6 är ett flödesschema som visar steg vid behandling av information om hittade ögon i en tvådimensionell bild för att bestämma vilket öga som är vilket hos en användare, och
 - Fig. 7 är ett flödesschema över hela det förlopp, som utförs i en anläggning för att bestämma ett ögas läge och blickriktning

DETALJERAD BESKRIVNING

- 30 I fig. 1 visas en anläggning för att bestämma den punkt på en bildskärm 1, på vilken en datoranvändare tittar. Bestämningen utförs genom att följa användarens ögon och särskilt genom att bestämma ögonens blickvinklar och ögonens avstånd till bildskärmen. Anläggningen innefattar bildskärmen 1, tre likadana ljuskällor 2 fästa längs en rak linje vid skärmens 1 övre kant, en fotosensor 4 placerad vid mitten av skärmens undre kant och med lämplig optik, ej visad,

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

5

Huvudfoxen Kassan

anordnad framför fotosensorn för att dels filtrera bort oönskat ljus, dels fokusera en bild på fotosensorns ljuskänsliga yta, samt en ljuskälla 3 placerad koaxiellt med fotosensorns optiska axel, dvs anbragt omkring, på alla sidor av fotosensorns ljuskänsliga yta. Den ljuskänsliga ytan kan såsom visas vara rektangelformad. Den koaxiella ljuskällan 3 innefattar, se fig. 3a och 3b, ett 5 flertal ljusutsändande element 3', 3" anordnade i två grupper, en inre, första grupp och en andra, yttre grupp. I den inre gruppen är de ljusutsändande elementen 3' placerade tätt intill den ljuskänsliga ytans kanter eller sidor. I det visade utförandet med rektangelformad ljuskänslig yta är tre element placerade vid rektangelformens vardera långsida och två element vid dess vardera kortsida. I den yttre gruppen är de ljusutsändande elementen 3" placerade på större avstånd från 10 den ljuskänsliga ytan, utanför elementen i den inre gruppen sett från den ljuskänsliga ytan mitt. I det visade utförandet finns lika många element i den yttre gruppen som i den inre gruppen och varje element i den yttre gruppen är placerat mellan två element i den inre gruppen, sett från mittpunkten hos den rektangelformade ljuskänsliga ytan.

Vid ett praktiskt utförande av anläggningen enligt fig. 1 utgjordes de tre likadana 15 ljuskällorna 2 vardera av sju NIR-dioder, HSDL 4230, med sex dioder anordnade symmetriskt kring en central diod. Samma typ av dioder användes som de ljusutsändande elementen 3', 3" i belysningsenheten 3 utformad enligt fig. 3a och 3b.

Utöver dessa komponenter finns även en samordnande beräknings- och styrenhet antydd vid 6 för att utföra erforderlig styrning och därmed sammanhängande utvärdering och 20 beräkningar. Sålunda styr beräknings- och styrenheten tändning och släckning av ljuskällorna. Vidare utför den behandling av bilder upptagna med hjälp av fotosensorn 4, speciellt bestämning av kantlinjer, dvs linjer mellan fält i bilden som har olika gråskaleintensitet eller färg. I bilden av ett öga bestäms bl a kantlinjen som begränsar pupillen och ur denna erhålls pupillens centrum. Det senare kan göras genom att exempelvis anpassa en cirkel eller ellips till den kantlinje, som 25 har avgjorts begränsa pupillen. Beräknings- och styrenheten 6 kan också, såsom skall beskrivas nedan, styra datauttaget från fotosensorn 4, dvs bestämma de bildelement i en upptagen bild, för vilka information överförs från fotosensorn till beräknings- och styrenheten.

I fig. 3a och 3b ses hur elementen i ljuskällan 3 är placerade runt fotosensorn 4 för att kunna belysa ögat på två olika sätt, genom tändning av de ljusutsändande elementen i den inre 30 eller yttre gruppen. Det ena läget, vilket framgår av fig. 3a och i vilket endast elementen i den inre gruppen är tända, ger upphov till en tydlig rödögseffekt hos de pupiller, som detekteras av fotosensorn, medan det andra, vilket visas i fig. 3b och i vilket endast elementen i den yttre gruppen är tända, är till för att ge upphov till reflexer i hornhinnor utan att orsaka en tydlig rödögseffekt.

BEST AVAILABLE COPY

När anläggningen enligt fig. 1 är i drift, alternerar det mellan två ljussättningslägen. Läge (i) är till för att bestämma den riktning, i vilken användaren tittar. I läge (ii) bestäms avståndet från användarens ögon till fotosensorn 4. I båda lägena fås även information om var användarens öga eller ögon befinner sig sett i fotosensorns tvådimensionella koordinatsystem.

5 När anläggningen är i läge (i), är de inre elementen 3' i den med fotosensorns 4 synfält koaxiellt anordnade ljuskällan 3 tända i det läge, som visas i fig. 3a och ger en kraftig rödögseffekt hos alla pupiller inom fotosensorns synfält. I detta läge är alla de tre ljuskällorna 2 placerade ovanför skärmen 1 släckta, dvs endast elementen i den inre gruppen är tända. Bilden av en pupill inom fotosensorns 2 synfält kommer då att se ut såsom framgår av fig. 4a, där
10 pupillen 5, jämför fig. 4b, är upplyst på grund av rödögseffekten och reflektionen i hornhinnan av ljuskällan 3 syns som en punktformad reflex 3'a. Den upptagna bilden analyseras av beräkningsenheten 6 och kantlinjer enligt fig. 4b bestäms. I bilden med rödögseffekt är det speciellt stor kontrast mellan de bildfält, som motsvarar pupill och iris, jämför bilden i fig. 5a, som är upptagen med annan belysning, och därför kan kantlinjen mellan dessa fält beräknas med
15 god noggrannhet. Denna noggrant bestämda kantlinje avgränsar pupillen och ur den kan sedan pupillens centrum bestämmas, följaktligen också med god noggrannhet. Vid bestämning av centrum kan såsom ovan nämnts anpassning av en ellips till kantlinjen användas, vilket är särskilt viktigt i det fall att pupillen endast delvis är synlig i bilden. I bilden bestäms vidare läget för reflexen 3'a och speciellt reflexens mittpunkt. Till sist beräknas vektorn från reflexens 3'a
20 centrum till pupillens 5 centrum.

För att bestämma den riktning, i vilken användaren tittar, används den enligt ovan bestämda vektorn. Denna vektors riktning anger den riktning, i vilken användaren tittar taget från kamerans optiska axel, och vektorns storlek anger den vinkel, i vilken användaren tittar, också taget från kamerans optiska axel. Dessutom ger reflexens 3'a centrum information om läget för
25 användarens öga sett i två dimensioner.

När systemet är i läge (ii), är elementen 3" i den yttre gruppen i den med fotosensorns synfält koaxiella ljuskällan 3 tänd i det läge enligt fig. 3b, som ej ger någon tydlig rödögseffekt. Samtidigt är de tre ljuskällorna 2 vid skärmens överkant tända i detta läge. Fig. 5a visar hur ett öga kan avbildas på fotosensorn 4 i detta läge med relativt låg kontrast mellan de bildfält som
30 motsvarar olika delar av ögat. Även denna bild analyseras för erhållande av kantlinjer, såsom visas i fig. 5b, varvid noggrannheten hos de bestämda kantlinjerna för fält motsvarande olika delar av ögat kan vara lägre än begränsningslinjen för pupillen enligt fig. 4b. I bilden enligt fig. 5b framgår dock de olika reflektionerna mycket tydligt. Vid 3'b, se den analyserade bilden i fig. 5b, visas sålunda hornhinnereflektionen av ljuskällan 3 aktiverad enligt det fall som framgår av

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

Huvudfaxen Kassar

7

fig. 3b, och vid 2' visas hornhinnereflektionerna av de vid skärmens överkant placerade ljuskällorna 2. Positionen för och avståndet mellan de olika reflektionerna bestäms i bilden och denna bestämning kan då göras med god noggrannhet. Mönstret för de fyra reflektionerna, dvs i första hand de olika reflektionernas lägen relativt varandra, utvärderas för att bestämma ögats avstånd till fotosensorn 4. Speciellt är storleken på det mönster, som bildas av de fyra reflektionerna vid 2', 3'b, beroende av ögats avstånd till fotosensorn. Ju längre från fotosensorn ögat är beläget, desto mindre dimensioner har mönstret. På så vis erhålls ett mått på hur långt ifrån skärmen 1 användarens öga befinner sig. Även i detta läge fås information om var användarens öga befinner sig i två dimensioner, från reflexen av den koaxiella ljuskällan 3 vid 10 3'b.

När systemet i fig. 1 är i drift, alternerar det således mellan läge (i) och läge (ii). Det krävs information från båda dessa lägen för att kunna ange det ställe på en bildskärm på vilket en användare tittar. I läge (i) detekteras användarens blickriktning och i läge (ii) användarens position. Hos en datoranvändare är ögonrörelser vanligtvis avsevärt mycket snabbare än huvud- 15 rörelser. Detta medför, att det är viktigare att ha nyligen uppdaterad information om användarens blickvinkel än om användarens position i djupled från fotosensorn 4 för att erhålla god precision i bestämningen av den punkt på datorskärmen på vilken användaren tittar. Experiment visar, att om fyra bilder i läge (i) analyseras för varje bild i läge (ii) fås ett system med god precision. För blickpunktsbestämning används alltid informationen från den senaste bilden tagen i läge (i) samt 20 den senaste bilden tagen i läge (ii).

I fig. 2 visas schematiskt hur avståndet mellan bilder av reflektioner av två ljuskällor beror på den reflekterande ytans avstånd från ljuskällorna och detektorn, vilka antas ligga i samma plan. Avståndet mellan den reflekterade ytan och planet genom ljuskällorna är grovt omvänt proportionellt mot kvadratroten ur avståndet mellan bilderna. Ett sådant samband eller ett något 25 mer exakt samband såsom framgår av fig. 2 kan användas tillsammans med absoluta värden erhållna vid en individuell kalibrering av anläggningen för varje användare för att ge en tillräckligt noggrann avståndsbestämning vid exempelvis styrning av en markör på bildskärmen, när användarens huvud rör sig.

Den fotosensor som används i ovan beskrivna anläggning är av högupplösande typ. På så 30 vis kan användaren tillåtas större huvudrörlighet utan att detta medför försämrad precision. För att minska belastningen på beräkningsenheten och öka samplingshastigheten hos systemet används inte data från fotosensorn mer än nödvändigt. Beräkningsenheten använder information om var ögon har hittats i tidigare bilder för att välja ut den del av fotosensorns ljuskänsliga yta, som skall exponeras inför varje ny bild eller användas i varje ny bild, och styr fotosensorn i

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

8

Huvudfoxen Kasson

enlighet härmed. Om användarens ögon hittades i föregående bild, används bara en liten del av bildelementen hos fotosensorns ljuskänsliga yta. Endast i det fall att inga ögon har hittats, används data från alla bildelement hos fotosensorns ljuskänsliga yta eller i vart fall data som representerar hela bildytan, erhållna exempelvis genom en nedsamlingsoperation av data för hela bildytan. På så vis fås ett system som är relativt långsamt när det gäller att detektera ögon och ögons avstånd i djupled, men som kan fås att följa ögon och särskilt blickriktning med hög hastighet, efter det att ögonen väl är hittade.

Ett öga har unika fysikaliska egenskaper vilka tillsammans med ögats position och blickriktning styr hur en bild tagen såsom visas i fig. 4a eller i fig. 5a kommer att se ut. För att kunna bestämma var en person tittar ur de data som kan erhållas ur dessa bilder kan om så erfordras systemet kalibreras individuellt för den person som sitter framför skärmen. Dessutom måste systemet veta vilket öga som är vilket, dvs om de beräknade kantlinjerna enligt fig. 4b och 5b tillhör användarens vänstra eller högra öga.

När båda ögonen hos en användare är synliga för fotosensorn 4, är det lätt att säga vilket öga som är vänster öga och vilket som är höger öga, men i det fall att endast ett öga hittas, krävs ett annat sätt att bestämma vilket öga det är. Ett sådant sätt skall nu beskrivas och de olika stegen därnå åskådliggörs också av flödesschemat i fig. 6. Den första faktor som inverkar är förflyttningshastigheten hos användarens ögon. Det finns en övre gräns för hur fort ett öga kan förflytta sig. Detta medför, att om det fanns ett känt öga i en given position i en tidigare bild, kan detta öga inte ha förflyttat sig mer än en viss sträcka sedan den tidigare bilden togs. Om avståndet är för stort mellan det tidigare kända och det nu funna ögat, är alltså det nu funna ögat ett annat än det som tidigare var detekterat. Även om det tidigare kända ögat var det enda kända ögat vid den tidpunkten, måste det ha funnits ett område, inom vilket det andra ögat bör ha befunnit sig. Avståndet mellan en användares ögon kan på detta vis användas för att bedöma, huruvida det öga som ej var känt kan ha flyttat sig till den position, där det nya ögat hittats. Om avståndet är tillräckligt litet för endast ett av användarens ögon, måste det funna ögat vara detsamma som detta öga.

Om ovan nämnda kriterier ej ger klarhet i vilket öga som har hittats, finns det ytterligare en faktor till vilken hänsyn kan tas. Denna faktor är hur nära fotosensorns ytterkant ögat befinner sig. Om ögat bifinner sig så nära fotosensorns ytterkant, att det andra ögat skulle befinna sig utanför sensorns synfält, om det befann sig på ytersidan om det funna ögat, gäller att antingen är detta fallet eller också finns det andra ögat inom fotosensorns synfält, men är skymt - troligtvis genom att användaren blundar med det. I detta fall kan tillåtas, att systemet gissar att det funna ögat är det öga som medför, att det andra ögat är utanför fotosensorns synfält. Då systemet har

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

9 Huvudföreläsnings Kassen

gissat sig till vilket öga som hittats, sätts en lägre konfidensnivå för de data, som skickas ut från systemet, för att visa att dessa data är osäkra.

I fig. 7 visas ett flödesschema över de olika steg, som utförs vid bestämning av och följande av en persons ögon och blickriktning. I ett första steg 71 tas en bild med belysning i läge (i), dvs när endast elementen 3' är tända. I bilden bestäms pupiller, dvs dessas kantlinjer, och reflektioner av ljuskällan. I nästa block 73 utförs proceduren enligt fig. 6 för att bestämma vilket öga som är vilket. I steg 75 avgörs sedan om två ögon har påträffats i bilden. Om detta är fallet, utförs ett block 77, i vilket en bild tas med belysning i läge (ii), dvs med elementen 3" tända och dioderna 2 tända. I denna bild översänds till enheten 6 endast information för områden kring de funna ögonen. Reflektioner och därmed bilder av ögon i bilden bestäms. Därefter utförs i ett block 79 åter proceduren enligt fig. 6 för att bestämma vilket öga som är vilket. I nästa steg 81 avgörs om två ögon har påträffats i bilden. Om detta är fallet, utförs i ett block 83 en beräkning i enheten 6 av ögonens blickpunkt. Sedan utförs ett block 85, i vilket åter upptas en bild med belysning i läge (i), dvs med endast elementen 3' tända. För den upptagna bilden översänds till enheten 6 endast information för områden kring redan funna ögon. Ur den begränsade bildinformationen bestäms pupiller och reflektioner av ljuskällan liksom i steg 71. Sedan utförs i ett block 87 åter proceduren enligt fig. 6 för att bestämma vilket öga som är vilket. I nästa steg 89 avgörs om två ögon har påträffats i bilden. Om detta är fallet, utförs i ett block 91 en beräkning av ögonens blickpunkt liksom i block 83. Därefter avgörs i ett block 93 huruvida de fyra senast tagna bilderna är tagna med belysningen i läge (ii). Om detta inte är fallet, utförs åter blocket 85, och i annat fall blocket 77. Om det i något av blocken 75, 81 och 89 avgjordes, att två ögon inte hade påträffats, utförs åter block 71.

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

10

Huvudfaxen Kassan

PATENTKRAV

1. Ögondetektiionsanläggning innefattande

- en ljuskälla för utsändande av ljus i riktning mot en användares huvud,
- en detektor för mottagande av ljus från en användares huvud och för att upprepat uppta bilder

5 därav, och

- en utvärderingsenhet kopplad till detektorn,

kännetecknad av

- att ljuskällan innefattar minst två ljusutsändande enheter placerade på avstånd från varandra för utsändande av två strålknippen för reflektion mot hornhinnan hos en användares öga, och
- 10 - att utvärderingsenheten är anordnad att ur positionerna för bilder av de ljusutsändande enheterna i en upptagen bild bestämma ögats placering i förhållande till detektorn.

2. Ögondetektiionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att en av de ljusutsändande enheterna är anordnad runt omkring detektorn eller detektorns ljuskänsliga yta eller runt omkring det strålknippe av ljus, som mottages av detektorn eller runt omkring en lins eller ett filter
- 15 placerad/placerat framför detektorns ljuskänsliga yta, för att låta allt ljus, åtminstone från ett intressant område, i vilket en användares huvud befinner sig, eller ljus utsänt från ljusutsändande enheten och reflekterat av en användares huvud eller ögon, träffa detektorn, för att vid belysning av en användares huvud med hjälp av den första ljuskällan låta användarens öga eller ögon framträda med rödögoneffekt, så att ögats eller ögonens pupill har en ljus färg eller framträder
- 20 som kraftigare belyst, i förhållande till eller jämfört med omgivande delar av ögat.

3. Ögondetektiionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att de ljusutsändande enheterna innefattar en första och en andra enhet, varvid den första enheten är anordnad att avge ljus lämpat för att ur med belysning från endast denna ljuskälla upptagna bilder bestämma ögats blickriktning och den andra enheten är anordnad att avge ljus lämpat för att ur med belysning
- 25 från endast denna ljuskälla upptagna bilder bestämma ögats avstånd från detektorn.

4. Ögondetektiionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att utvärderingsenheten är anordnad

- att i en bild upptagen av detektorn bestämma ett område i vilket en bild av ett öga eller bilder av ögon finns, och därur bestämma ögats läge och/eller blickriktning,
- 30 - att efter bestämning av området styra detektorn att därefter till utvärderingsenheten översända information om följande upptagna bild eller bilder, som endast motsvarar det bestämda området.

5. Ögondetektiionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att utvärderingsenheten är anordnad

- att i en bild upptagen av detektorn avgöra huruvida bilden innehåller bilder av en användares

BEST AVAILABLE COPY

två ögon, och

- att i det fall att utvärderingsenheten avgör att en bild av endast ett öga finns i bilden, bestämma att det öga, av vilket en bild finns, är det öga, av vilket en bild finns i en tidigare upptagen bild, vilken bild har ett läge som motsvarar eller är tillräckligt nära bilden av ögat i den aktuella bilden, är samma öga som i den tidigare bilden.

6. Ögondetektionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att utvärderingsenheten är anordnad att bestämma avståndet mellan bilder av de ljusutsändande enheterna i en upptagen bild för att därur bestämma ögats avstånd från detektorn.

7. Ögondetektionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av minst tre ljusutsändande enheter anordnade i ett triangulärt mönster, varvid utvärderingsenheten är anordnad att bestämma positionerna för bilder av alla de ljusutsändande enheterna och att använda alla de bestämda positionerna för att bestämma ögats placering i förhållande till detektorn.

8. Ögondetektionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av minst tre ljusutsändande enheter, varav minst två är placerade vid en kant, särskilt den övre eller undre kanten, av en bildskärm och en är placerad vid en motstående av bildskärmen, varvid utvärderingsenheten är anordnad att bestämma positionerna för bilder av alla de ljusutsändande enheterna och att använda alla de bestämda positionerna för att bestämma ögats placering i förhållande till detektorn.

9. Ögondetektionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av minst tre ljusutsändande enheter placerade i rät linje vid en kant av en bildskärm, varvid utvärderingsenheten är anordnad att bestämma positionerna för bilder av alla de ljusutsändande enheterna och att använda alla de bestämda positionerna för att bestämma ögats placering i förhållande till detektorn.

10. Ögondetektionsanläggning enligt krav 1, kännetecknad av att en av de ljusutsändande enheterna är anordnad att utsända ljus i ett strålknippe koaxiellt med detektorns optiska axel.

11. Ögondetektionsanläggning innefattande

- en första ljuskälla för utsändande av ljus i riktning mot en användares huvud, och
- en detektor för mottagande av ljus från en användares huvud och uppta en bild därav, kännetecknad av att den första ljuskällan innefattar ett flertal ljusutsändande enheter anordnade runt omkring detektorn eller detektorns ljuskänsliga yta eller runt omkring det strålknippe av ljus, som mottages av detektorn eller runt omkring en lins eller ett filter placerad/placerat framför detektorns ljuskänsliga yta, för att låta allt ljus, åtminstone från ett intressant område, i vilket en användares huvud befinner sig, träffa detektorn, för att vid belysning av en användares huvud med hjälp av den första ljuskällan låta användarens öga eller ögon framträda med rödögoneffekt, så att ögats eller ögonens pupill har en ljus färg i förhållande till omgivande delar av ögat.

BEST AVAILABLE COPY

2002 -11- 2 1

12

Huvudfaxen Kassen

12. Ögondetektionsanläggning enligt krav 11, kännetecknad av att de ljusutsändande enheterna är anordnade runt omkring detektor eller detektorns ljuskänsliga yta i ett mönster, som är koaxiellt med detektorns ljuskänsliga yta.

13. Ögondetektionsanläggning enligt krav 11, kännetecknad av att de ljusutsändande enheterna är anordnade direkt invid kanten av detektorns ljuskänsliga yta eller direkt invid kanten av en lins eller ett filter.

14. Ögondetektionsanläggning enligt krav 11, kännetecknad av en andra ljuskälla och en styrenhet kopplad till den första och andra ljuskällan, varvid styrenheten är anordnad att växelsvis aktivera den första och andra ljuskällan för upptagande av bilder med rödögon effekt och utan rödögon effekt.

15. Ögondetektionsanläggning enligt krav 14, kännetecknad av att den första och andra ljuskällan innefattar ett flertal ljusutsändande enheter, varvid enheter i den andra ljuskällan är anordnade i ett mönster omgivande, relativt detektorns optiska axel, ett mönster bildat av enheterna i den första ljuskällan.

16. Ögondetektionsanläggning enligt krav 15, kännetecknad av att mönstren bildade av enheter i den första och andra ljuskällan är koaxiella med detektorns optiska axel.

17. Ögondetektionsanläggning innefattande

- ljuskällor för utsändande av ljus i riktning mot en användares huvud,
 - en detektor för mottagande av ljus från en användares huvud och för att uppta bilder därav, och
 - en styrenhet kopplad till ljuskällorna,
- kännetecknad av att ljuskällorna innefattar en första och en andra ljuskälla, varvid den första ljuskällan är anordnad att avge ljus lämpat för att ur med belysning från endast denna ljuskälla upptagna bilder bestämma ögats blickriktning och den andra ljuskällan är anordnad att avge ljus lämpat för att ur med belysning från endast denna ljuskälla upptagna bilder bestämma ögats avstånd från detektor, varvid styrenheten är anordnad att växelsvis aktivera den första och andra ljuskällan för upptagande av bilder.

18. Ögondetektionsanläggning enligt krav 17, kännetecknad av att den första ljuskällan innefattar ett flertal ljusutsändande enheter anordnade direkt invid varandra och vid kanten av detektorns ljuskänsliga yta eller direkt invid kanten av en lins eller ett filter anbragt framför detektor.

19. Ögondetektionsanläggning enligt krav 17, kännetecknad av att den andra ljuskällan innefattar minst två ljusutsändande enheter anordnade på avstånd från varandra.

20. Ögondetektionsanläggning innefattande

- en ljuskälla för utsändande av ljus i riktning mot en användares huvud,

BEST AVAILABLE COPY

- en detektor för mottagande av ljus från en användares huvud och upprepat uppta bilder därav, och
- en utvärderingsenhet kopplad till detektorn för bestämning av ett ögas läge och/eller blickriktning

5 kännetecknad av att utvärderingsenheten är anordnad

- att i en bild upptagen av detektorn bestämma ett område i vilket en bild av ett öga eller bilder av ögon finns, och därur bestämma ögats läge och/eller blickriktning,
- att efter bestämning av området styra detektorn att därefter till utvärderingsenheten översända information om följande upptagna bild eller bilder, som endast motsvarar det bestämda området.

10 21. Ögondetektionsanläggning enligt krav 20, kännetecknad av att i det fall att utvärderingsenheten ur den översända informationen inte kan utföra bestämningen, är utvärderingsenheten anordnad att styra detektorn att för nästa upptagna bild översända information för hela den av detektor upptagna bilden, antingen genom att översända all detekterad bildinformation eller genom att översända den detekterade bildinformationen i lägre

15 upplösning.

22. Ögondetektionsanläggning innefattande

- en ljuskälla för utsändande av ljus i riktning mot en användares huvud,
- en detektor för mottagande av ljus från en användares huvud, och
- en utvärderingsenhet kopplad till detektorn för bestämning av ett ögas läge och/eller

20 blickriktning

kännetecknad av att utvärderingsenheten är anordnad

- att i en bild upptagen av detektorn avgöra huruvida bilden innehåller bilder av en användares två ögon, och
 - att i det fall att utvärderingsenheten avgör att en bild av endast ett öga finns i bilden, bestämma
- 25 att det öga, av vilket en bild finns, är det öga, av vilket en bild finns i en tidigare upptagen bild, vilken bild har ett läge som motsvarar eller är tillräckligt nära bilden av ögat i den aktuella bilden, är samma öga som i den tidigare bilden.

23. Ögondetektionsanläggning enligt krav 22, kännetecknad av att i det fall att bilden av ögat i den aktuella bilden inte motsvarar eller är tillräckligt nära bilden av ögat i en tidigare bild

30 avgörs ögat vara det öga, som medför att bilden av användarens andra öga ligger utanför den aktuella bilden.

24. Förfarande för detektion av ett ögas position och blickriktning kännetecknat av stegen

- att från minst två ljuskälla utsända ljus i två skilda riktningar mot en användares huvud för reflektion mot hornhinnan hos användarens öga,

BEST AVAILABLE COPY

21. NOV. 2002 17:35

BERGENSTRAHLE & LINDVALL
BERGENSTRAHLE

NR. 079
Ink. t. Patent- och reg.verket

S. 16/21

2002 -11- 2 1

14

Huvudfaxen Kassar

- att detektera ljus från en användares huvud för att uppta en bild därav, och
- att utvärdera den tagna bilden för att ur positionerna för bilder av de ljusutsändande enheterna i bilden bestämma ögats placering i förhållande till detektorn.

5

BEST AVAILABLE COPY

4-0770000

2002 -11- 2 1

15

Huvudfaxen Kassa

SAMMANDRAG

Vid detektion av ögons läge och blickriktning används en fotosensor (1) och ljuskällor (2, 3) placerade kring en bildskärm (1) samt en beräknings- och styrenhet (6). En av ljuskällorna är placerad kring sensorn och innefattar inre och yttre element (3'; 3"). När endast de inre elementen är tända erhålls en kraftig rödögoneffekt i en upptagen bild, vilket ger en enkel detektion av pupillerna och därmed en säker bestämning av blickriktning. När endast de yttre elementen och de andra ljuskällorna (2) är tända, görs en bestämning av ögats avstånd från fotosensorn. När pupillerna väl har kunnat bestämmas i en bild, utvärderas i följande upptagna bilder endast de områden omkring pupillerna, där bilden av ögonen finns. Vilket öga som är vänster öga och höger öga kan avgöras genom att följa bilderna av ögonen och utvärdera deras lägen i efter varandra upptagna bilder.

(Fig. 1)

15

BEST AVAILABLE COPY

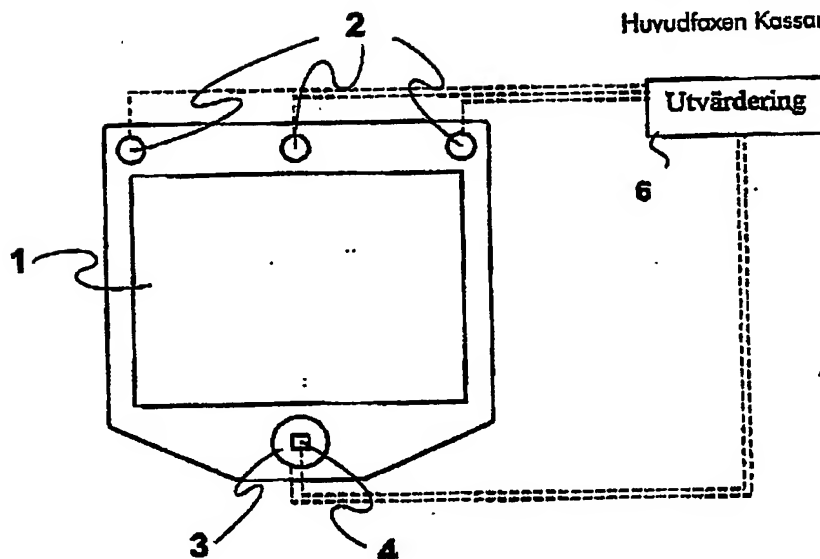
5-555000

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002 -11- 2 1

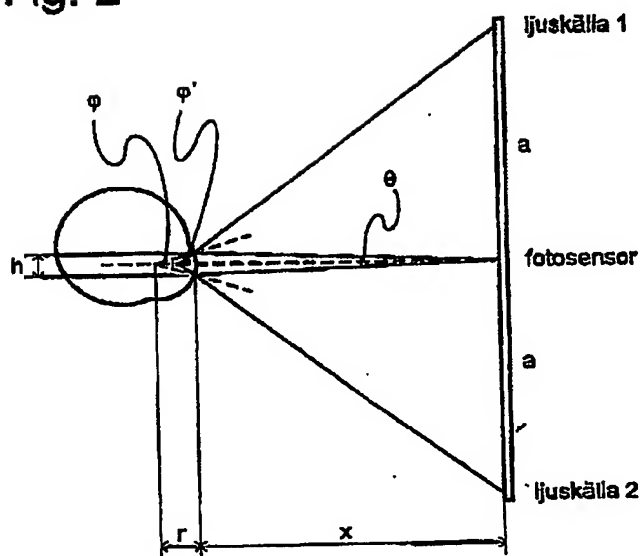
Huvudfaxen Kassan

Fig. 1



5

Fig. 2



Låt d vara avståndet
mellan ljusreflektionerna
från de båda ljuskällorna
i den tvådimensionella
bilden från fotosensorn.

$$d = \theta$$

$$h \approx x\theta$$

$$h = 2r \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

$$\phi = \phi' - \frac{\theta}{2} \approx \phi'$$

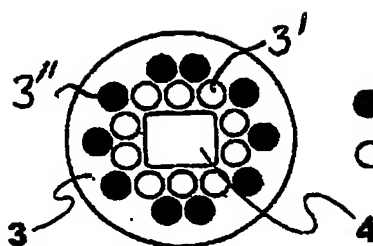
$$\phi' \approx \arctan\left(\frac{a}{x}\right)$$

$$d = \frac{r}{x} \sin\left[\frac{1}{2} \arctan\left(\frac{a}{x}\right)\right]$$

10

Fig. 3a

Läge 3a



● Släckt diod
○ Tänd diod

Fig. 3b

Läge 3b

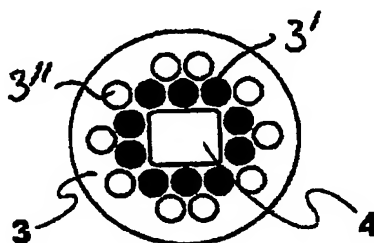


Fig. 4a

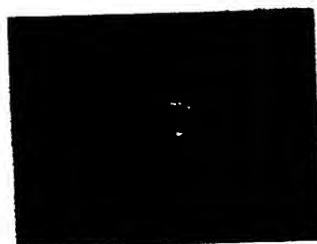
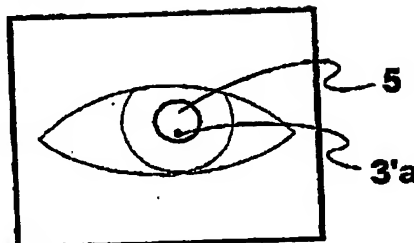


Bild av öga då belysningen
är i läge (i)

Fig. 4b



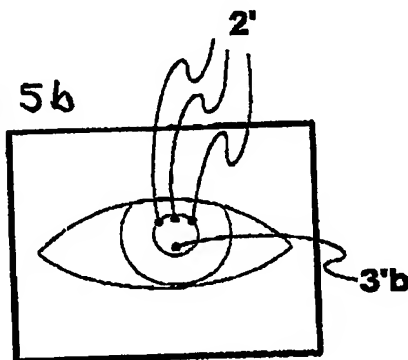
Kanter ur bild till vänster

Fig. 5a



Bild av öga då belysningen
är i läge (ii)

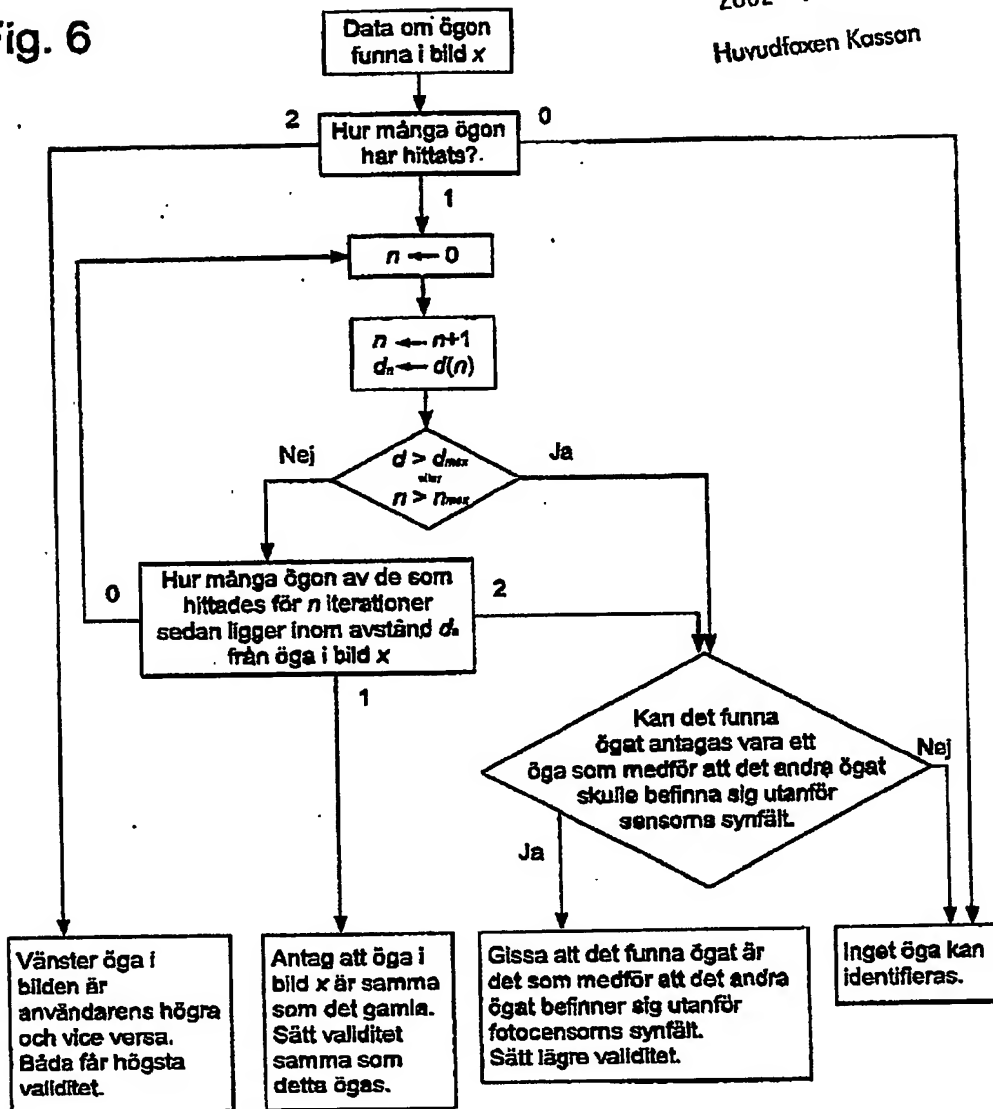
Fig. 5b



Kanter ur bild till vänster

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 6



$d(n)$ = maximalt tillåtet avstånd på n iterationer enligt hastighetsbegränsningen för ögonförflyttning [pbdar]

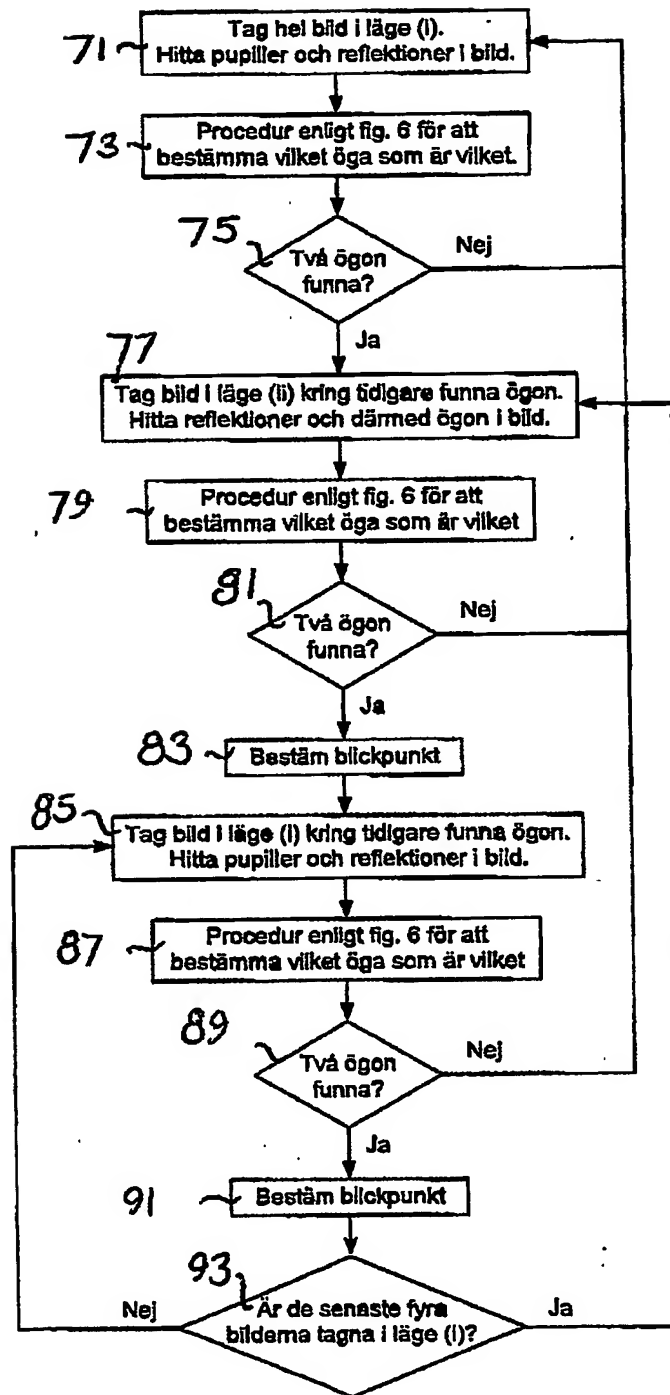
d_{max} = maximalt möjliga avstånd i bild från fotosensor [pbdar]

n_{max} = största antal iterationer som betraktas

BEST AVAILABLE COPY

Ink. t. Patent- och reg.verket
2002-11-21
Huvudfören Kassen

Fig. 7



BEST AVAILABLE COPY